

УДК 621.791.92.03-52**Гулаков С.В.¹, Бурлака В.В.²****МЕХАНИЗМ КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
НАПЛАВЛЯЕМЫХ ВАЛИКОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

Предложена конструкция механизма перемещения электрода для наплавки рабочих поверхностей деталей машин и инструмента валиками сложной формы с электронной системой автоматического управления. Устройство выполнено в виде модификации кривошипно-шатунного механизма, в котором шатун изготовлен с возможностью автоматического регулирования его длины.

Ключевые слова: электродуговая наплавка, трещины разгара, кривошипно-шатунный механизм, система автоматического управления.

Гулаков С.В., Бурлака В.В. Механізм коливань електроду для формування валиків, що наплавляються, складної форми. Запропонована конструкція механізму переміщення електроду для наплавлення робочих поверхонь деталей машин і інструмента, валиками складної форми з електронною системою автоматичного керування. Пристрій виконаний у вигляді модифікації кривошипно-шатунного механізму, у якому шатун виготовлений з можливістю автоматичного регулювання його довжини.

Ключові слова: Електродугове наплавлення, тріщини розгару, кривошипно-шатунний механізм, система автоматичного управління.

Gulakov S.V., Burlaka V.V. An electrode movement mechanism for formation of beads with of complex shape. An electrode movement mechanism with microcontroller-based automatic control system was proposed. The appliance presents the modification of a crank mechanism, with the connecting rod of g variable length. It offers the possibility of forming deposited seams with complex form: triangular, trapezoidal, etc.

Keywords: Electric arc deposition, thermal fatigue crack, crank mechanism, automatic control system.

Постановка проблемы. Дуговая наплавка нашла широкое применение в промышленности для восстановления деталей машин и инструмента. Низкая себестоимость процесса, достаточно высокая его производительность, возможность формирования наплавленных поверхностей с большим диапазоном свойств предопределили широкое применение этого процесса для восстановления рабочих поверхностей. Однако этому способу присущи недостатки, в частности, неоднородность наплавленного слоя [1], причиной которой является последовательное наложение перекрывающих друг друга валиков (повторное термическое воздействие источника тепла (дуги) на наплавленный валик при его перекрытии следующим), сложная гидродинамическая обстановка в сварочной ванне, сложный фронт кристаллизации и ряд других факторов [2].

Анализ последних исследований и публикаций. Частичное устранение сформированной неоднородности наплавленного слоя может быть осуществлено путем термической обработки после наплавки, однако не все детали и инструмент (из-за массогабаритных показателей, свойств основного и наплавленного металла) можно подвергать термической обработке.

Служебные характеристики рабочего слоя, нанесенного с помощью дуговой наплавки, зависят как от состава наплавляемого металла, так и от ориентации наплавленных валиков относительно действующих нагрузок [1]. Так, при эксплуатации валков горячей прокатки металла, формирующих роликов машины непрерывного литья заготовок и других изделий, работающих в контакте с горячим металлом, на рабочей поверхности, упрочненной с применением дуговой наплавки, образуются трещины термической усталости, ориентированные преимущественно вдоль наплавленных валиков (рис. 1, а) [1]. Это связано с анизотропией свойств наплавленного

¹ д-р. техн. наук, профессор, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

² аспирант, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь.

металла.

При этом при кольцевой наплавке поверхности тел вращения (прокатных валков, роликов, транспортирующих горячий металл, роликов МНЛЗ и др.) трещины термической усталости, в основном, ориентированы по окружности детали (рис. 1, б). Их объединение и развитие в глубину может привести к поломке рабочего органа (рис. 1, в).

При эксплуатации деталей, работающих в условиях высоких контактных нагрузок (например, опорные валки прокатных станов) проявляется неравномерный износ, приводящий к появлению кольцевого рельефа на рабочей поверхности (рис. 1, г, д). Это явление объясняется неодинаковостью свойств металла по ширине наплавленных валиков. Появление рельефа приводит к нарушениям режимов работы технологического оборудования и механизмов, снижению качества выпускаемой продукции, неравномерному распределению давления на наплавленную поверхность детали и может приводить к отколам рабочего слоя (рис. 1, е).

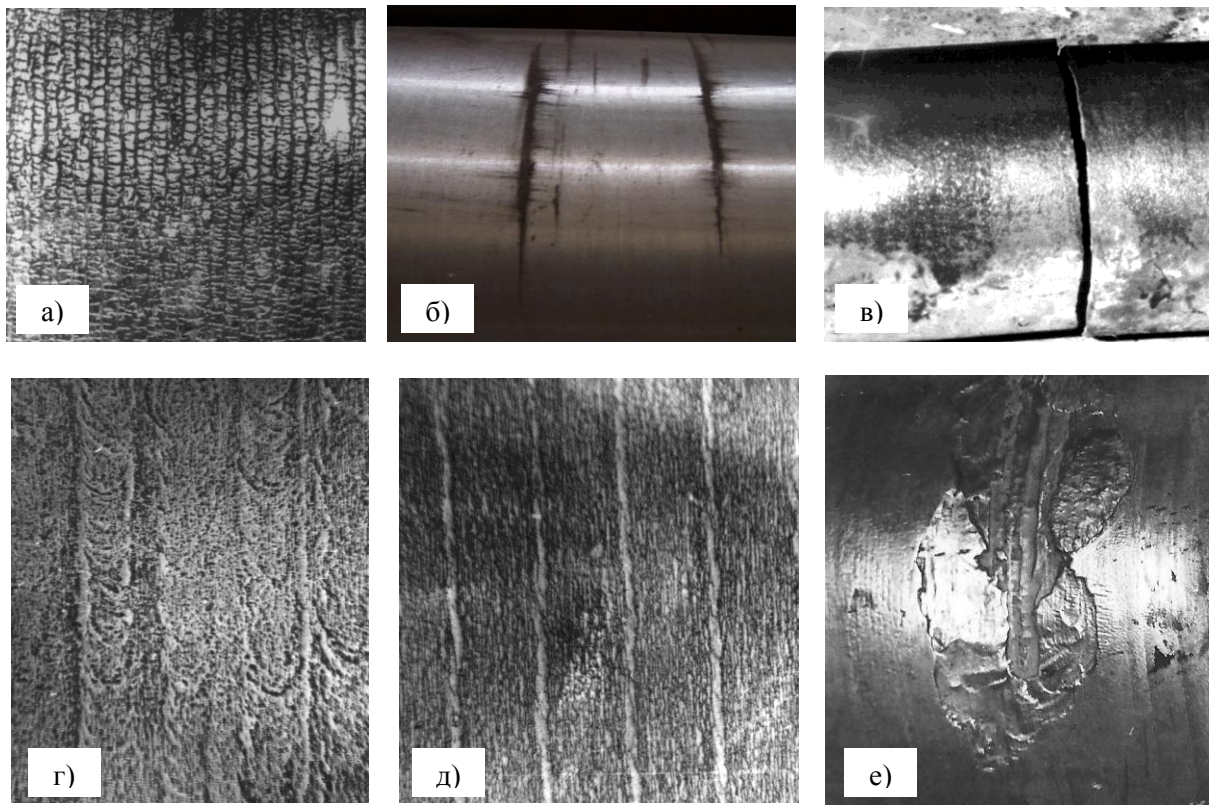


Рис. 1 – Износ и разрушение прокатного валка: а) трещины разгара на поверхности наплавленного металла; б) поверхность валка, восстановленная кольцевой наплавкой, с трещинами термической усталости; в) поломка валка по трещине термической усталости; г, д) кольцевой рельеф поверхности наплавленного металла, образованный при эксплуатации валка; е) откол рабочего слоя.

Учитывая то, что свойства (износостойкость, термостойкость) металла, нанесенного дуговой наплавкой, зависят от направления приложения внешних нагрузок (изнашивания), целесообразно при наплавке ориентировать валики таким образом, чтобы действие внешних нагрузок приходилось в направлении максимальной стойкости [3]. Так, если при восстановлении прокатных валков путем наплавки ориентировать наплавленные валики под углом к оси валка, можно повысить стойкость рабочей поверхности к трещинам разгара, к износу, увеличив срок их службы, снизить вероятность поломок.

При этом обязательным условием формирования наплавленной поверхности с высокими служебными характеристиками является обеспечение заданной траектории перемещения электрода, формирующего зигзагообразные валики с резкими изменениями их траектории в вершинах перегибов. В противном случае возникают условия для беспрепятственного развития трещин разгара вдоль вершин зигзагов [4].

Цель статьи – Поскольку подавляющее большинство восстанавливаемых наплавкой де-

талей обладает значительными массой и, соответственно, инерцией, изменение вектора скорости наплавки как по модулю, так и по направлению целесообразно осуществлять за счет перемещения электрода. Таким образом, задачей, позволяющей реализовать данную технологию, является точное и безинерционное преобразование вращательного движения вала электродвигателя колебательного механизма в линейное перемещение электрода по заданному закону, что особенно сложно в местах резкого изменения траектории и направления перемещения. Это налагает жесткие требования к механизму перемещения электрода.

Изложение основного материала. Авторами предложено для перемещения электрода использовать специальный привод на основе модификации кривошипно-шатунного механизма с изменяемой в процессе работы длиной шатуна [5 – 7]. Его схема показана на рис. 2, где 1 – рабочий орган (держатель электрода), 2 – шатун, 3 – линейный корректирующий привод, М – двигатель, ДУ – датчик угла поворота (сельсин). Схема корректирующего привода приведена на рис. 3.

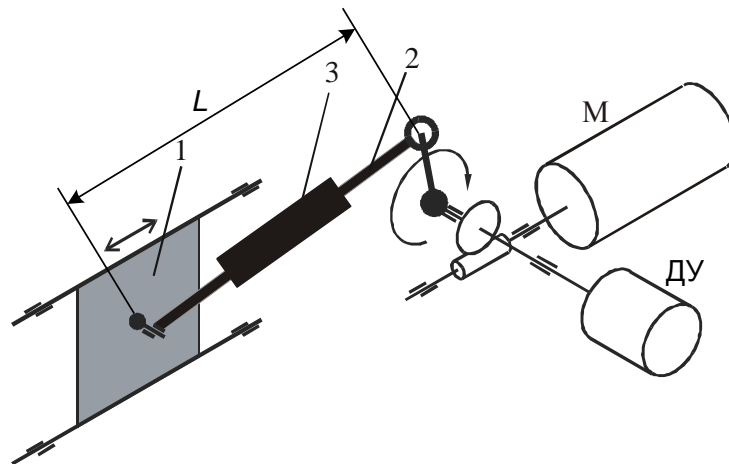


Рис. 2 – Схема привода поперечных колебаний электрода:
 М – основной электродвигатель;
 ДУ – датчик угла поворота.

Основной привод – нерегулируемый, работающий с постоянной скоростью. Корректирующий привод – высоко динамичный маломощный линейный привод, предназначенный для «подправления» основной синусоидальной траектории с целью получения иной (треугольной, трапецеидальной), оптимальной для наплавки. Этот привод представляет собой систему «винт-гайка», приводимую во вращение маломощным исполнительным двигателем постоянного тока (1 на рис. 3). Управление двигателем корректирующего привода осуществляется от маломощного импульсного преобразователя напряжения. Задание на ток якоря выдается цифровой системой управления, обрабатывающей сигналы обратной связи по положению электрода. Таким образом, получается замкнутая система автоматического регулирования, имеющая возможность точно отрабатывать заданную траекторию наплавки.

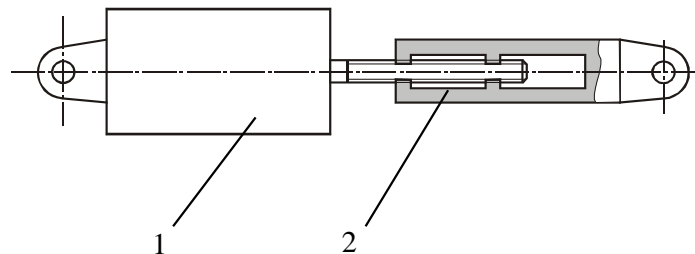


Рис. 3 – Схема корректирующего привода:
 1 – электродвигатель с валом, выполненным в виде винта;
 2 – гайка.

Система управления приводом содержит два силовых полумостовых преобразователя, управляемых однокристальным микроконтроллером типа Atmega48-20, работающего с такто-

вой частотой 20 МГц. Для согласования уровней сигналов управления силовыми IGBT транзисторами применены специализированные микросхемы-драйверы полумостов типа IRS2113 (International Rectifier) в типовой схеме включения [8].

Микроконтроллером с помощью встроенного АЦП производится измерение токов якорей двигателей привода и сигнала с датчика положения платформы.

Для определения угла поворота кривошипа механизма перемещения применен сельсин, на обмотку статора которого подана симметричная трехфазная система напряжений. ЭДС обмотки ротора и напряжение одной из фаз подаются через схемы нормализации на микроконтроллер, а определение угла поворота производится программно – по сдвигу фазы между вышеназванными сигналами.

Для интерактивной настройки параметров системы применен жидкокристаллический индикатор типа T1C154 в типовой схеме включения и четырехкнопочная клавиатура (рис. 4).

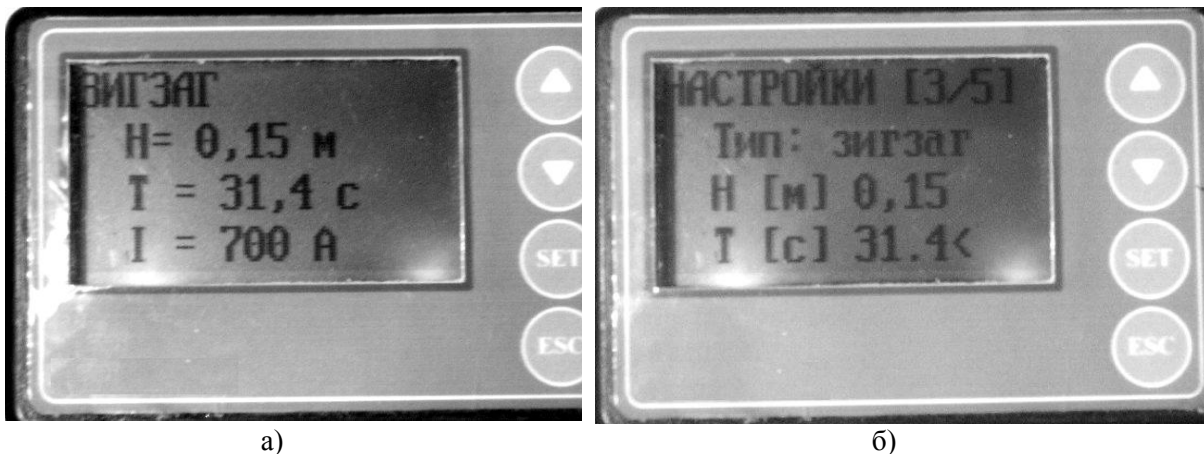


Рис. 4 – Передняя панель устройства: а) режим работы; б) режим настройки.

Выводы последовательного порта микроконтроллера подключаются через конвертер RS232–TTL к персональному компьютеру, что позволяет в реальном времени отслеживать и/или изменять параметры привода.

Внешний вид системы управления приведен на рис. 5. Применение в силовых цепях современных IGBT транзисторов типа IRG4PC30UD, обладающих малыми потерями в открытом состоянии и высокой скоростью переключения, позволило отказаться от радиаторов и снизить габариты блока. Конструктивно вспомогательный привод состоит из двух направляющих, двигателя с валом в виде винта и гайки, помещенных в защитный корпус. Внешний вид вспомогательного привода показан на рис. 6.

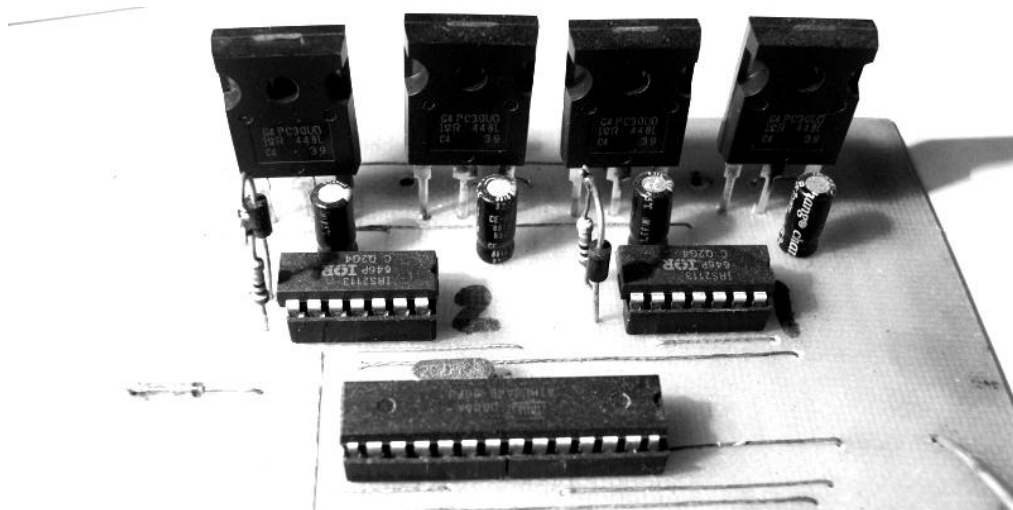


Рис. 5 – Фрагмент внешнего вида системы управления (микроконтроллер и силовая часть).

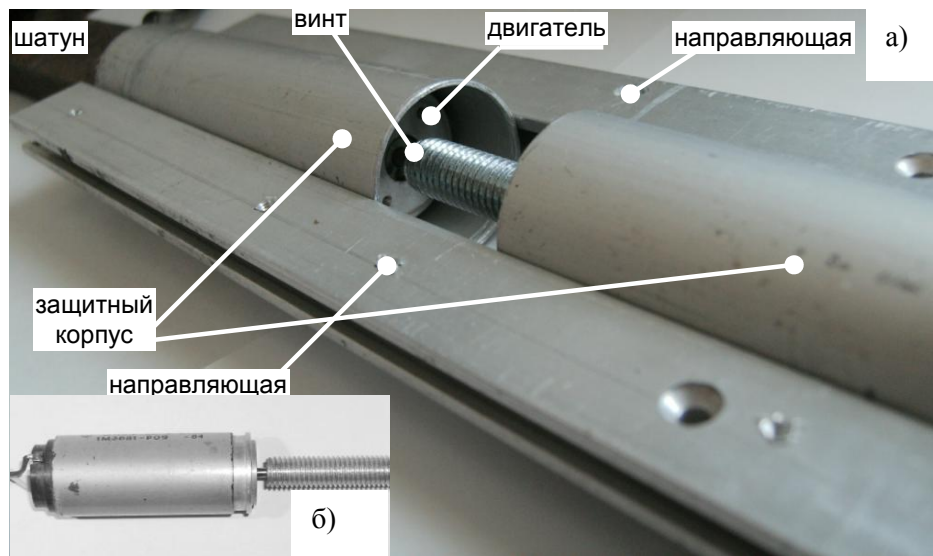


Рис. 6 – Линейный привод колебательного механизма.
 а) Внешний вид линейного привода; б) электродвигатель с валом в виде винта

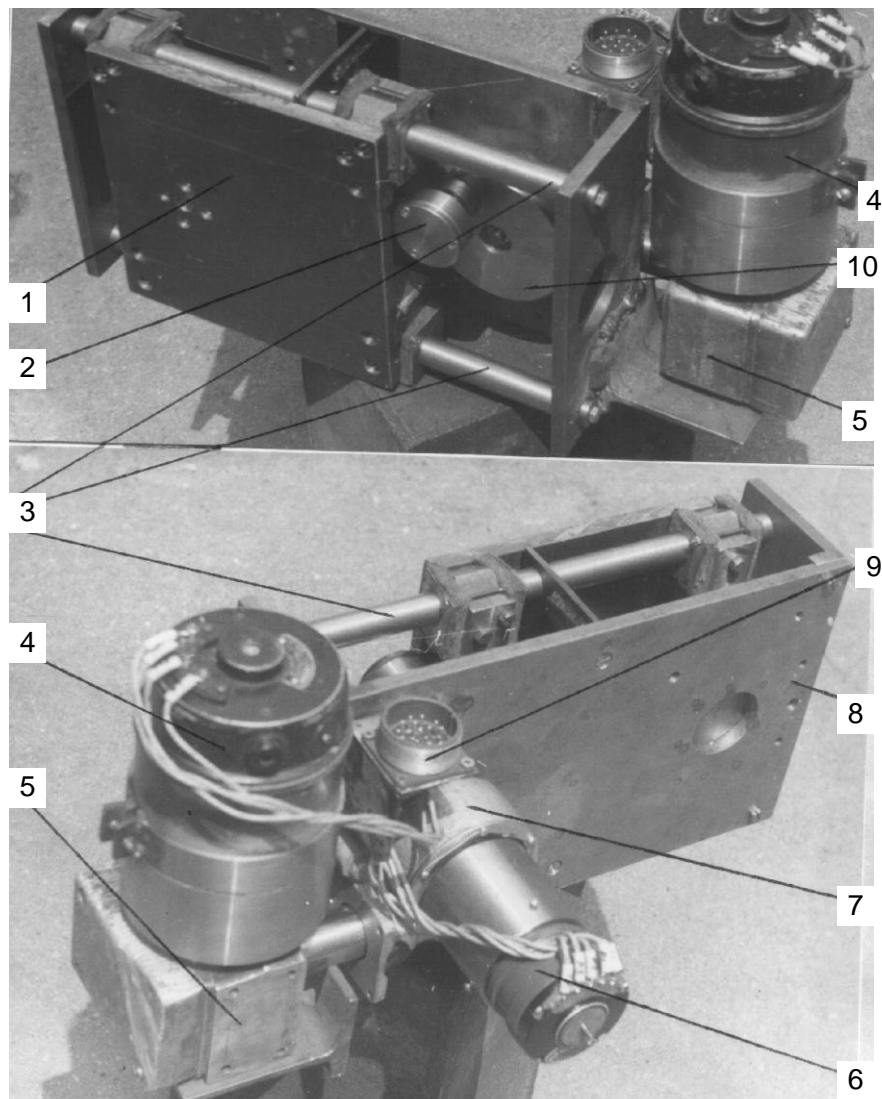


Рис. 7 – Общий вид привода.

Вид привода перемещения электрода в сборе приведен на рис. 7, где цифрами обозначены: 1 – платформа для крепления механизма подачи электрода; 2 – шатун (рис. 6); 3 – направ-

ляющие; 4 – двигатель основного привода (М1 на схеме рис. 2); 5 – редуктор червячно-цилиндрический; 6 – сельсин; 7 – редуктор червячный; 8 – основание; 9 – разъем подключения двигателей и сельсина; 10 – кривошип.

Предложенная система управления приводом перемещения электрода имеет характеристики, позволяющие формировать оптимальную для наплавки траекторию перемещения.

Разработанный привод с системой управления изготовлен и прошел испытания в лабораторных условиях. Испытания оборудования показали соответствие расчетных параметров с реальными характеристиками привода, надежность его работы.

Выводы

Разработано электромеханическое устройство управления траекторией перемещения электрода, включающее кривошипно-шатунный механизм, приводимый в движение мощным электроприводом, и устройство изменения длины шатуна, содержащее привод постоянного тока, установленный непосредственно на нем, и систему автоматического управления, регулируемую по заданному закону геометрические параметры шатуна. Система выполнена с использованием микропроцессорной техники и обеспечивает минимизацию мощности устройства изменения длины шатуна при предварительно выбранной оптимальной длине кривошипа. Проверка устройства в лабораторных опытно-промышленных условиях показала высокие динамические характеристики и хорошую точность работы разработанной конструкции.

Список использованных источников:

1. Гулаков С.В. Наплавка рабочего слоя с регламентированным распределением свойств / С.В. Гулаков, Б.И. Носовский. – Мариуполь: ПГТУ, 2005. – 170 с.
2. Гулаков С.В. Влияние гидродинамической обстановки в сварочной ванне на условия ее формирования / С.В. Гулаков, Б.И. Носовский, И.С. Кулябина // Тез. докл. 6 региональной научно-техн. конференции, посв. 100-летию со дня рожд. Казанцева, сентябрь 2009. – Мариуполь: ПГТУ – С. 99.
3. Псарева И.С. Совершенствование технологии наплавки деталей металлургического оборудования валиками регламентированной формы: Дис. канд. техн. наук. 05.03.06. – Мариуполь, 2004. – 138 с.
4. А.с. СССР №1533137 В23К 9/04, 1988 / Гулаков С.В., Носовский Б.И.
5. Патент Украины на изобретение №86294 В23К 9/04 / Гулаков С.В., Бурлака В.В., Псарева И.С.
6. Гулаков С.В. Управление процессом дуговой наплавки рабочего слоя валиками зигзагообразной формы / С.В. Гулаков, В.В. Бурлака, И.С. Псарева // Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. пр. – Вип.9. – Мариуполь, 2006. – С. 202-207.
7. Гулаков С.В. Привод перемещения электрода для электродуговой наплавки валиками сложной формы / С.В. Гулаков, В.В. Бурлака, А.М. Еременко, Т.Б. Карабаш // Всеукраинская научно-техническая конференция студентов, аспирантов, молодых ученых с международным участием, 14–15 апреля 2008. – Николаев: ІАЕ НУК – С. 64-68.
8. IRS2113 High and Low side driver, datasheet. – International Rectifier, 2007. – 19 p. – www.irf.com.

Рецензент: В.В. Чигарев
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 14.04.2010